Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Beiträge zur Geologie der Schwereanomalien

Von

Leopold Kober

(Mit 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Februar 1924)

Meine Studien über den Aufbau der Erdrinde haben mich im Laufe der Zeit auch auf die Erscheinungen der Schwerestörungen der Erde geführt. So war ich in einer Reihe von Arbeiten genötigt, zu diesem Fragenkreise Stellung zu nehmen.

In der Fortführung dieser Studien habe ich versucht, das gesamte Ziffernmaterial über Schwerestörungen der Erde, soweit dies in den grundlegenden Arbeiten von Sterneck, Helmert, Hecker, Borrass, von Hayford und Bowie enthalten ist, zu sammeln und es in Karten und Profilen übersichtlich darzustellen und so mitzuhelfen, die Beziehungen, die zwischen dem Bau der Erde, den einzelnen Bauplänen der Erde und den Schwerestörungen bestehen, zu klären.

Mich leitete vor allem der Gedanke, die Schwereanomalien ganz systematisch in Beziehung auf den Bau der Erde zu untersuchen und dabei vor allem auch auf die modernen Erfahrungen über den Bau der Erde Rücksicht zu nehmen.

Das ist bisher nicht geschehen, weder in den zahlreichen Arbeiten der englischen Literatur, in den Arbeiten z. B. von Oldham, Hayden, von Barrell, Bowie, noch auch in den neueren deutschen Arbeiten von F. Kossmat und A. Born. Gerade letztere Arbeiten, insbesondere die von Kossmat, suchen die neueren Erfahrungen über den Alpenbau aus den Verhältnissen der Schwere zu widerlegen. Beide Arbeiten versagen so in einer Reihe von Fällen.

Meine Studien sind noch nicht abgeschlossen, doch scheint es mir vorteilhaft, das Wesentliche aus meinen bisherigen Untersuchungen zu veröffentlichen, weil ich glaube, damit einen Beitrag zur Klärung der hier schwebenden Fragen zu geben und mithelfen zu können, das Verständnis für dieses so interessante Grenzgebiet der Geologie zu fördern.

Die Erde hat die Gestalt eines abgeplatteten Rotationsellipsoids. Demnach ist die Schwere am Äquator geringer als am

Pole. Wir wissen aber auch, daß die Schwere an den verschiedenen Punkten nicht den ihr zukommenden theoretischen Wert γ_0 erreicht, d. i. der Wert, der einer bestimmten geographischen Breite im Meeresniveau, also auf der Geoidfläche zukommt. Da spielt der äußere, der innere Bau der Erde mit. Dieser differenziert die Schwere, zwar meist ganz unbeträchtlich. Aber die äußerst sinnreich konstruierten Pendelapparate lassen uns Schwereanomalien als Abweichungen in der 5. Dezimale des Wertes von g erkennen. Diese Einheit gibt uns in tausendstel Zentimeter die Änderung der Beschleunigung in der Sekunde an. Diese Einheit von 0·001 *cm* g pro Sekunde entspricht zugleich der Attraktionswirkung einer Gesteinsplatte von ungefähr 10 *m* Dicke und rund 2·4 Dichte.

Die unmittelbar zu beobachtenden Werte von g können nicht direkt untereinander und mit der theoretischen Schwere im Meeresniveau γ_0 verglichen werden. Es ist notwendig, zuerst eine gemeinsame Vergleichsbasis zu schaffen.

Es gibt mehrere Vergleichsmethoden. Die eine Methode »reduziert« die Beobachtung g einfach auf g_0, d. h. auf den Wert, der der Beobachtung dieser Station auf dem Meeresspiegel nach Entfernung des Reliefs zukäme. Die Differenz $g_0 - \gamma_0$, die sogenannte totale Schwerestörung gibt dann den Wert zwischen der beobachteten und der theoretischen Schwere auf der Geoidfläche. Diese Methode ist für die Beurteilung des isostatischen Zustandes der Erde wichtig.

Eine zweite Methode reduziert das beobachtete g ebenfalls auf das Meeresniveau (γ_0), bringt aber außer der Geländekorrektur $g' - g$ noch die Attraktionswirkung der zwischen dem Beobachtungsort und dem Meeresspiegel vorhandenen Massen in Abzug. So entsteht der Wert g_0''. Die Differenz $g_0'' - \gamma_0$ gibt die Schwerestörung eines Punktes unterhalb der Geoidfläche. Das ist die sogenannte Bouguersche Methode.

Die dritte Methode, von Hayford und Bowie angewendet, die sogenannte Hayford- oder wie die Amerikaner sagen, die »new method«, berechnet die Differenz $g - (g_c + 0 \cdot 008)$, wobei g_c sich zusammensetzt aus γ_0 und einer Korrektur für die topographische und die isostatische Kompensation.

Auf den Ozeanen kann nicht mit Pendelapparaten gemessen werden. Hier hat Hecker seine Resultate aus dem Vergleiche des von der Schwere unabhängigen Quecksilberbarometers und des von ihm unabhängigen Siedethermometers abgeleitet.

Die Untersuchungen über die Schwereanomalien der Erde haben bisher das Resultat ergeben, daß die Erdrinde im allgemeinen isostatisch gelagert ist, daß die Hypothese von Airy, 1855 entwickelt, die gewöhnlich dem indischen Archdiakon Pratt zugeschrieben wird, zu Recht besteht. Die Theorie der Isostasie der Name stammt von Dutton — sagt: In einer Tiefe, die Helmert

auf 118±22 *km*, O. H. Tittmann und J. H. Hayford 1909 (für die Vereinigten Staaten) auf 122·2 *km* berechnet haben, werden alle Gewichtsunterschiede der darüberlastenden Erdrinde ausgeglichen. In dieser Tiefe drücken alle Gesteinszylinder der Erdrinde mit dem gleichen Gewichte, ungeachtet der Höhe, bei gleichem Flächenquerschnitt.

Es wird nun notwendig sein, die Schweremessungen selbst zu beleuchten und dann auf die Beziehungen von Geologie und Schwereanomalie kurz einzugehen.

Die Methoden der Beobachtungen haben sich rasch verbessert und so ergeben sich Zahlenwerte, die recht ungleiche Genauigkeit haben. Ich bringe hier als Beispiel die Messungen von Hongkong in der Zeit von 1895—1907 Da zeigt sich folgendes:

				$g''_0-\gamma_0$	$g_0-\gamma_0$
Hongkong $h=33\,m$	$D=2\cdot7$	Beob.	1895	+ 5	+ 9
			1896	—42	—38
			1897	—58	—54
			1904	+ 4	+ 8
			1906	— 1	+

Ein ähnliches Bild der Veränderung, beziehungsweise der Verbesserung zeigen die Berechnungen von Hayford und Bowie in den Publikationen Nr. 10 und Nr. 12, oder die Rechnungen über die Schwereanomalien der Ozeane von Hecker. Das hängt mit dem Fortschritte der Erkenntnis zusammen.

Ein anderes interessantes Beispiel über die Variationsbreite der Änderungen bieten z. B. die Schwereprofile der Beobachtungen von Hecker auf seiner Reise von Honolulu (Hawai) nach San Franzisko und zurück. Die Beobachtungen wurden auf verschiedenen Schiffen gemacht, bei verschiedener Fahrtrichtung, sonst aber unter den gleichen allgemeinen Bedingungen. Das Resultat ist aber doch eine im Profile deutlich hervortretende Verschiedenheit der Werte der Schwereanomalien. Die Messungen auf der »Sonoma« von Honolulu nach San Franzisko zeigen mehr positive, die der Rückfahrt auf der »Manchuria« allgemein mehr negative Werte. Freilich ändern diese Verschiedenheiten nichts an dem Hauptresultat, daß die Schwere über den Ozeanen, wie das der Formel von Helmert von 1901 bereits entspricht, annähernd normal ist. Nach Hecker erklärt sich diese Verschiedenheit der beiden Messungsreihen aus bestimmten Fehlerquellen einer Schwerkraftsbestimmung auf dem Meere.

Von weit größerer Bedeutung werden aber die Fehler, wenn z. B. Messungen als Beobachtungen über Tiefsee hingestellt werden, die in Wirklichkeit gar nicht »Tiefseeschwerebestimmungen« sind, sondern unter dem Einflusse von benachbarten Untiefen,

Inselreihen stehen. Als ein klassisches Beispiel können in dieser Hinsicht die Beobachtungen angesehen werden, die von Hecker längs des Hawairückens gemacht worden sind. Auf der Fahrt von Oahu nach Yokahama wurden in der Zeit vom 6. IX. 1904 bis 10. IX. 1904 9 Messungen gemacht. Fast alle, mit Ausnahme des hohen Wertes +304 von Oahu in 1700 *m* Tiefe und zweier anderer, liegen über Tiefen von 5000 *m*. Alle Werte, mit Ausnahme des

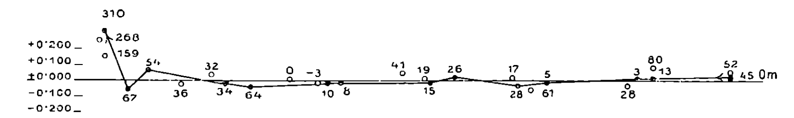


Fig. 1.

Schwereprofil ($g_0—\gamma_0$) des pazifischen Ozeans von Honolulu nach San Franzisko. Die hohen Werte von Honolulu ergeben sich aus der Nähe des Landes. Die übrigen Werte schwanken um die Normalschwere und liegen allgemein über 5000 *m* Tiefe. Die Werte 52 und 54 sind »Küstenwerte«. Die kleinen Ringe bedeuten die Messungen nach San Franzisko, die kleinen, schwarzen Punkte, die durch eine Linie verbunden sind, die Messungen von San Franzisko (rechts) nach Honolulu (links).

letzten (—0·015), sind hoch positiv. Es wäre aber meines Erachtens ganz falsch zu glauben, daß diese hochpositiven Werte für eine große Schwere des darunterliegenden Ozeanbodens sprächen. Die hohen Werte entstehen vielmehr hier, wie das E. Suess

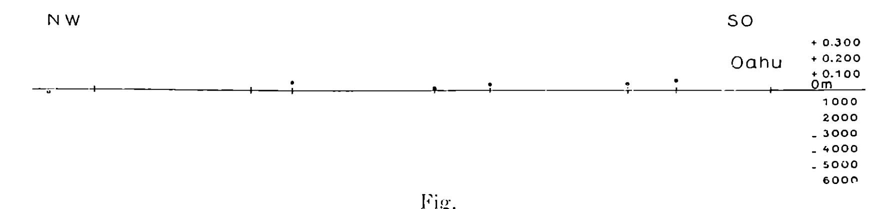


Fig.

Schwereprofil der Messungen längs des Hawairückens. Die Kreuze bedeuten die Meerestiefe, die schwarzen Punkte die Schwereanomalien

schon wahrscheinlich gemacht hat, als Seitenwirkung der an schweren, basaltischen Gesteinen reichen Hawaischen Inselzüge. Es ist meines Erachtens unrichtig, diese Messungen zur Bestimmung der Schwerkraft »über dem Ozeanboden« zu benutzen.

Nachdem wir nun die »Gefahren« etwas kennen gelernt haben, die diese Berechnungen umlauern, wollen wir die einzelnen Baupläne der Erde in typischen Profilen kennen lernen und zugleich auch die Methoden, die für die Beurteilung der Schwereanomalien in Betracht kommen, ihre Aussagen, Vorzüge und Mängel.

Wir nehmen hier ein Profil, das nach allen drei Methoden, die zuvor kurz erwähnt worden sind, gut durchgerechnet und also übersichtlich darstellbar ist. Es ist das Profil, das von St. Louis

über die großen Ebenen durch die Rocky Mountains nach San Franzisko geht (Fig. 3).

Betrachten wir zuerst den äußeren (Morphologie) und den inneren Aufbau (Tektonik). Die weite Ebene (rechts) bis zum Ostfuß der Präkordillere bei Denver nehmen die »Great plains« ein, die großen Ebenen, die im Osten aus Paläozoikum, im Westen aus Mesozoikum und Tertiär bestehen. Es ist Tafelland. Alle Schichten liegen horizontal, wenig gestört. Der zweite Abschnitt, der im Profil deutlich geologisch und morphologisch hervortritt, ist das Koloradoplateau mit seinem Abfall im Osten, wo die Kette im Pikes Peak mit 4293 *m* kulminiert. Ein hoch gehobenes Tafelland, das im berühmten Canyon des Kolorado bis 2000 *m* tief bis auf das Grundgebirge erschlossen ist, liegt da vor uns. Es ist im Ansturm der alpinen Bewegung der Rocky Mountains in den alpinen Faltungsstrang einbezogen und als hoch aufgeschürftes Vorland über das eigentliche Vorland der Great plains vielleicht sogar ostwärts etwas hinweg bewegt worden. Bei dem zweiten *Ü* kommen wir in die eigentliche Zone der Rocky Mountains, die hier durch die Wahsatchberge repräsentiert wird. Hier beginnt der alpine Bauplan des nordamerikanischen Orogen, das in den Wahsatchbergen nach Osten bewegt worden ist, in der Sierra Nevada dagegen nach Westen.[1] Dazwischen liegt vermittelnd — so wie das ungarische Zwischengebirge zwischen Dinariden und Karpathen — das Zwischengebirge des Interiorplateaus. Das zeigt mehr Schollenbau, z. B. in den Basin Ranges, liegt auch etwas tiefer als die hohen Randstämme im Osten und Westen.

Wenn wir nun die einzelnen Methoden in ihren berechneten Werten profilmäßig darstellen, so ergibt sich folgendes interessante Bild.

Das Profil der totalen Schwerestörung, auch Δg-Störung genannt, zeigt von 20 Werten 11 positive Werte mit einem Maximum von +0·216 Einheiten unter dem Gipfel Pikes Peak (4293 *m* hoch). Der größte Minuswert liegt in 849 *m* Höhe im Grand Canyon mit —0·098. Die Δg-Linie weicht im allgemeinen nicht sehr von der Normalschwere ab. Das ist nur dann der Fall, wenn hohe Bergmassen vorhanden sind. Im allgemeinen zeigt das Vorland von St. Louis bis Denver meist kleine negative Werte. St. Louis selbst ist positiv (+0·004). Das Vorland ist im allgemeinen kompensiert, zeigt sich in der Nähe des Gebirges negativ beeinflußt. Das kommt von der allgemeinen Massendefizitzone des ganzen Gebirges. Auffallend ist das Anschwellen der Δg-Linie unter der Präkordillere, unter den Rocky Mountains, unter der Sierra Nevada

---

[1] In jüngster Zeit ist dagegen eingewendet worden, daß die Sierra Nevada diese Westbewegung nicht erkennen läßt. Vielmehr werde eine Ostbewegung sichtbar. Diese Ostbewegung, die auch Hobbs in seinem Werke »Evolution of the earth structure« etc., zeichnet, ist meines Erachtens nicht die primäre Orogenese, sondern die sekundäre jüngere Epirogenese, der z. B. in den Alpen die Überkippung der Wurzelzone (insubrische Bewegung Argands) vergleichbar wäre. Die Ostbewegung der Sierra Nevada gehört zum jungen Schollenbau des Interiorplateaus. Siehe auch das Bull. geol. soc. Am., Vol. 34, part 2, 1923.

(+0·125). San Franzisko hat dann wieder den fast normalen Wert von +0·004. Die Störung der Station 2 ist die normale »Küstenstörung«. Man sieht, daß die Δg-Linie der Morphologie folgt. Das Relief ist in der $g_0-\gamma_0$-Darstellung deutlich zu erkennen, da dieser Methode die Reduktion der Attraktion der Massen zwischen der Station und der Geoidfläche fehlt. So tritt die Masse des Pikes Peak als großes Überschußgebiet in Erscheinung und zeigt damit, daß hier ungefähr eine Gesteinsmasse von 2160 *m* und 2·4 spezifisches Gewicht nicht kompensiert ist, beziehungsweise von der Erdrinde getragen wird.

Nach der Hayford-Methode sind von den 20 Stationen bloß 6 positiv. Alle anderen sind negativ. Die Werte weichen wenig vom normalen ab, bewegen sich im positiven und negativen meist in Werten von 0·010—0·020. Auch hier ist das Vorland meist negativ (St. Louis —0·005). Pikes Peak zeigt +0·021 Einheiten. Das Koloradoplateau ist schwach positiv, die alpine Zone meist negativ. Also ist ein Massendefizit zu erkennen.

Ich lasse nun die Tabelle 1 folgen, die das Ziffernmaterial des Profiles enthält. Die Daten stammen aus Bowie's Publication Nr. 12, Washington 1912.

Tabelle 1.

Nr.	Station	Höhe	Neue Methode $g-(g_c+ +0·008)$	Bouguer $g_0''-\gamma_0$	totale Schwere $g_0-\gamma_0$
1	San Franzisko (54)[1] Cal..	114 *m*	−0·023	+0·019	+0·004
2	Mount Hamilton (55) Cal.	1282	0·003	+0·003	+0·125
3	Sisson (81) Cal.....	1048	−0·010	0·103	+0·013
4	Truckee (114) Cal.	1805	−0·028	0·162	+0·037
5	Goldfield (67) Cal.	1716	0·013	−0·166	+0·022
6	Winnemucca (115) Nev.	1311	0·009	−0·150	−0·005
7	Ely (116) Nev.	1962	−0·021	−0·207	+0·007
8	Grand Canyon (69) Ariz.	849	−0·010	−0·173	−0·098
9	Salt Lake City (49) Utah.	1322	+0·010	−0·146	−0·023
10	Pleasant Valley Junction (48) Utah	2191	+0·004	−0·187	+0·036
11	Green River (47) Utah.	1243	0·021	−0·180	−0·056
12	Grand Junction (46) Colo..	1398	+0·024	−0·158	0·019
13	Gunnison (45) Colo.	2340	+0·020	−0·229	+0·027
14	Pikes Peak (43) Colo.	4293	+0·021	−0·204	+0·216
15	Denver (44) Colo.	1638	−0·016	−0·182	−0·023
16	Colorado Springs (42) Colo.	1841	−0·007	−0·188	−0·006
17	Wallace (41) Kans.	1005	−0·012	−0·105	−0·004
18	Ellsworth (40) Kans...	469	+0·014	0·029	+0·016
19	Kansas City (39) Mo.	278	−0·016	−0·038	−0·009
20	St. Louis (38) Mo.	154	−0·005	−0·014	+0·004

[1] Diese Ziffer ist die Stationsnummer bei Hayford und Bowie. Der mittlere Fehler bei der neuen Methode ist 0·003, bei der Bouguer-Methode 0·0015—0·002 Einheiten in Zentimeter Beschleunigung.

Die Bouguer'sche Methode, auch $\Delta g''$-Methode genannt, zeigt mit Ausnahme der positiven (kleinen) Küstenstörung durchwegs negative Werte, die unter dem Pikes Peak mit —0·204 und im Interiorplateau bei der Station Ely in Nevada mit —0·207, dann in Gunnison (Kolorado) mit —0·229 Maxima erreichen. Es ist also allgemeines Massendefizit vorhanden, in das sogar das Vorland einbezogen wird. Das Defizit geht mit der Präkordillere rasch in die Tiefe und erreicht im »orogenen Trog« seine allgemeine Tieflegung. Dabei ist, wie man das so häufig sieht, das Maximum des Defizites mehr an den Rande der Gebirgszone verlegt. Es liegt nicht mehr im eigentlichen Orogen, sondern im tief aufgepflügten Vorlande des Koloradoplateaus. Im Westen sehen wir die große $\Delta g''$-Synkline rasch mit Annäherung an den Ozean ausheben.

Die Dicke der Gesteinsmasse, die nach der $\Delta g''$-Anomalie fehlt, beträgt bei Gunnison 2290 *m* bei 2·4 spezifischem Gewicht, d. i. also ungefähr dem Δg-Überschusse des Pikes Peak mit 2160 *m* gleich. Das Gebirge ist im großen und ganzen isostatisch gelagert, d. h. der Massenüberschuß über der Meeresfläche wird durch einen ungefähr gleich großen Massendefekt der Tiefe ausgeglichen.

Zugleich ersehen wir daraus, wie die Δg- und die $\Delta g''$-Methode sich vorzüglich ergänzen, sich gegenseitig stützen und in klarer Weise über das isostatische Verhalten der Erdrinde, sowie über die Defekte unter der Geoidfläche Auskunft geben. Dabei sehen wir, wie das Bowie auch betont, in beiden Methoden die Abhängigkeit der Werte von dem Relief, besonders von dessen Maxima. Die $\Delta g''$-Methode ist diejenige Methode, die die Tektonik am klarsten wiederspiegelt. Sie zeichnet das Massendefizit des orogenen Troges am sichersten ab. Sie

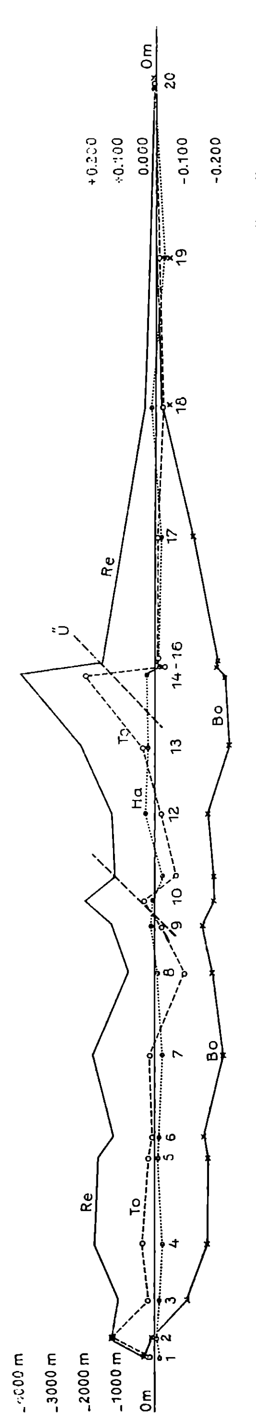


Fig. 3 *Re* bedeutet das Relief. *To* = totale Schwerestörung. *Ha* = Hayford-Methode. *Bo* = Bouguer'sche Reduktion. *Ü* = Überschiebungslinien. Der orogene Trog liegt zwischen dem *Ü* bei San Franzisko (hier von der Tiefe angenommen) und bei der Überschiebung (*Ü*) der Wahsatchberge auf das Koloradoplateau. Die Ziffern 1—20 sind die Stationen 1—20 der Tabelle 1.

zeigt auch, wie das Vorland ganz allmählich unter den heranrückenden orogenen Gesteinswall absinkt, wie wenn das heranrückende Gebirge unter seiner Last das Vorland eindrückte. Das hat E. Sueß im Antlitz der Erde, III/2, p. 722 bereits erkannt.

Bowie meint, die (amerikanische) »new method of reduction is very much nearer the truth than either of the two older methods of gravity reductions« (p. 28 seiner Publikation, Nr. 12). Dagegen kann man mit Kossmat sagen, daß die neue Methode jedenfalls in ihrer Reduktionsart manche recht hypothetische Annahme hat. So basieren die Berechnungen auf einer bestimmten Ausgleichsfläche. Es gibt aber Forscher, die diese »Fläche« überhaupt in eine »Zone« verwandeln und sie bis in Tiefen von 300 *km* legen wollen. Das Profil der »neuen Methode« läßt den orogenen Massendefekt nicht hervortreten.

Im orogenen Trog werden die leichteren, salischen Gesteinsmassen der Erdrinde, wie uns der Deckenbau der Alpen in so großartiger Weise gezeigt hat, in enormen Mengen zusammengestaut, zusammengedrängt, in die Höhe und in die Tiefe gepreßt. So verdrängt die orogene Zone schwereres Material. Mit dem orogenen Trog sinkt auch die Linie der normalen Schwere in großer (orogener) Dichtesynkline tief hinab. So wird das ganze Bild verständlich, auch die sonst unverständliche Erscheinung, daß leichtere Massen schwerere verdrängen. Der Zusammenstau bewirkt einen tief in die simatische Gesteinszone eindringenden Gesteinssack von salischen Massen.

Das Profil St. Louis — San Franzisko ist auch deswegen interessant, weil es im Ostflügel das Orogen in mehr oder weniger normalem Verbande mit dem Vorlande zeigt, also typischen Bau hat, während der Westflügel einen deformierten Orogentypus mit Absinken des ganzen Vorlandes aufzeigt, also die »ozeanische«, die »Küstenstörung« bringt. Damit werden die typischen orogenen Schwereanomalien weitgehend abgeändert.

Wenn wir nun andere junge, orogene Zonen betrachten, so finden wir das gleiche Verhalten der Schwere. Das Vorland ist meist negativ, sowohl in seinen Δg- als auch in den $\Delta g''$-Werten. Das sehen wir in den Alpen, zum Teil im Kaukasus, in Turkestan (Ferghana), im Himalaya-Vorland, im Atlas. Die Randstämme zeigen auch Δg-Überschuß, $\Delta g''$-Defizit. Meist rückt das $\Delta g''$-Defizit an die Außenseite der Ketten, fällt also nicht mit der zentralen, maximalen Aufwölbung zusammen.

Ich füge hier als Beweis für das Gesagte das Schwereprofil der Ostalpen und seines Vorlandes an, das v. Sterneck um die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts aufgenommen hat. Das Profil beginnt im Süden bei Avio und führt über den Brenner und Innsbruck in das bayrische Vorland. Die Daten entstammen dem Berichte von Borrass von 1914.

Tabelle 2.

Station	D	Jahr	$g_0''-\gamma_0$	$g_0-\gamma_0$
Avio 139 *m*	2·2	1891	+ 38	+ 33
Mori 176 *m*	2·2	1891	40	31
Riva 70 *m*	2·2	1891	— 19	29
Trient 195 *m*	2·5	1891	57	48
Salurn 214 *m*	2·5	1891	—129	—121
Bozen 268 *m*	2·8	1887	—153	—136
Stilfserjoch 2760 *m*	2·4	1888	—127	+142
Franzenshöhe 2188 *m*	2·4	1888	128	+ 73
Trafoi 1541 *m*	2·4	1888	206	86
Sterzing 950 *m*	2·6	1887	—149	62
Gossensaß 1067	2·6	1887	150	58
Brenner 1372 *m*	2·6	1887	152	— 21
Gries 1257 *m*	2·6	1887	128	8
Steinach 1050 *m*	2·6	1887	162	63
Matrei 995 *m*	2·6	1887	151	— 58
Patsch 785 *m*	2·6	1887	144	— 71
Innsbruck 584 *m*	2·4	1887	158	114
Jenbach 532 *m*	2·4	1891	140	99
Wörgl 508 *m*	2·4	1891	139	95
Kufstein 484 *m*	2·4	1891	115	73
Rosenheim 449 *m*	2·2	1891	116	74
Ostermünchen 503 *m*	2·2	1891	112	66
Grafing 543 *m*	2·2	1891	71	21

Im folgenden sei noch kurz das Schwereprofil des Kaukasus und seines Vorlandes gegeben.[1]

Station	Jahr	$g_0''-\gamma_0$	$g_0-\gamma_0$	Höhe
Vorland und nördliche Abdachung				
Pensa	1909	+0·013		—
Rostow a. D.	1909	+0·041		
Stawropol	1902	—0·028	+0·037	587
Wladikawkas	1907	—0·074	+0·001	679
Hauptkette				
Gudaursk	1910	—0·100	+0·149	220
Kurniederung				
Tiflis	1909	—0·061	—0·019	406
Armenisches Zwischengebirge				
Kars	1900	—0·136	+0·063	1750

[1] Diese Daten sind der Arbeit F. Kossmat zum großen Teil entnommen. p. 24.

Wir sehen hier in der Tat ein ganz ähnliches Bild, wie wir es in den Alpen im besonderen durch die neueren Schwerevermessungen von Niethammer und Messerschmidt in der Schweiz kennengelernt haben. Die Ausdeutung dieser Schweremessungen hat zum ersten Male Albert Heim in ganz zutreffender Weise gegeben (siehe auch A. Heim, die Geologie der Schweiz).

Das größte bekannte Defizit liegt in der Außenzone im Himalaya in der Station Moré mit einem Werte von —0·435? $\Delta g''$ Taschkent, auf der Nordseite des orogenen Stranges des Himalayagebietes gelegen, hat ebenfalls negative Werte. $\Delta g''$ —0·112, Δg ist im nahegelegenen Chodschent —0·140.

Gerade diese Werte, ebenso wie die des Koloradoplateaus, findet Born so besondes auffällig. Das kann ich nicht bestätigen. Das turkestanische Vorlanddefizit in Δg und $\Delta g''$ erklärt sich aus dem gewaltigen orogenen Defizit der jungen Kettengebirge. Wer den Deckenbau der Alpen akzeptiert, dem werden auch die großen Massendefekte der alpinen Zonen verständlich. Die Anschauung von der Authochthonie der Gebirge läßt die Verhältnisse nach jeder Richtung hin unklar.

So ist es auch zu verstehen, daß F. Kossmat bei der Betrachtung der Schwereverhältnisse der Ostalpen und des anschließenden ungarischen Zwischengebirges zu falschen Auslegungen der Schwereverhältnisse, insbesondere der Ostalpen gelangt. Er sagt, da in den Ostalpen im Übergang in die ungarische Ebene positive Schwerewerte erscheinen, kann dieser Teil der Alpen nicht im Sinne der Deckenlehre gedeutet werden. So kommt er zum Schlusse, die Tauern seien kein Fenster. Dagegen läßt sich sagen: Die Fensternatur der Tauern ist durch unsere Arbeiten geologisch fundiert worden. Sie ist ebenso auch durch die neueren Schweremessungen der Akademie der Wissenschaften in Wien (Andres) bestätigt worden. Denn in den Tauern findet sich z. B. im Sonnblick noch ein Defizit von ungefähr —0·140 $\Delta g''$ Einheiten.

Was das ungarische Zwischengebirge anbelangt, so zeigt das allerdings ein anderes Verhalten als das Zwischengebirge des Interiorplateaus oder von Armenien (Kars). Es ist aber auch die Lage eine andere. Das Zwischengebirge ist in Ungarn tief versenkt, von pliozänen und diluvialen Schottern erfüllt. Der positive Charakter des ungarischen Zwischengebirges sagt bloß, daß hier schwerere Gesteine in der Tiefe vorhanden sind. Das wäre aus dem reichen Vulkanismus, der an den Rändern des ungarischen Zwischengebirges weithin zu erkennen ist, ebenfalls verständlich.

Es besteht aber, wie mir scheint, die Möglichkeit, die Verhältnisse so zu erklären. Wenn in den Ostalpen (besonders) der Deckenbau vorgosauisch ist, wie vielfach angenommen wird, so ist der Bau des ungarischen Zwischengebirges jedenfalls alt, vorgosauisch. Seit dieser Zeit sind aber die orogenen Defizite — wenn sie vorhanden waren — wieder ausgeglichen worden.

Das Zwischengebirge ist mehr oder weniger isostatisch gebaut, dabei zugleich wahrscheinlich vielfach von schweren vulkanischen Gesteinen intrudiert.

Der Schwerebauplan des ungarischen Zwischengebirges leitet zu einem Bauplan über, den wir im Mittelmeer verwirklicht sehen. Ein Zwischengebirge ist im Tyrrhenischen Meere weit in die Tiefe gegangen, in geologisch junger Zeit. Die Randstämme des alpinen Orogen sind in der betischen Kordillere, im Apennin, im Atlas stehen geblieben. Doch das Zwischengebirge wurde tief versenkt. Die Randstämme zeigen den typischen Schwerebau, wie etwa das Schwereprofil des algerischen Atlas zeigt (nach Kossmat):

Station	Höhe	$g''_0-\gamma_0$	$g_0-\gamma_0$	
Algier .	213 *m*	+0·071	+0·091	Küste
Medeah .	930	-0·007	+0·093	Gebirge
Boghar .	927	-0·053	+0·047	
Laghuat .	755	0·122	-0·040	Vorlandgrenze

Das Mittelmeer weist nach den Messungen von Hecker bedeutende Minuswerte von Δg auf, während das Adriatische Meer allgemein hohe, positive Δg-Werte und auch positive $\Delta g''$-Werte aufweist (Brindisi und Bari etwa +0·120, Pelagosa +0·093).

Um diese eigenartigen Verhältnisse zu erklären, nimmt Kossmat — Born folgt ihm darin — Massenströmungen in der Tiefe an. Schwerere Massen sollen z. B. das ungarische Tiefland unterströmen, ebenso die Adria, das Mittelmeergebiet. Aus den Defizitgebieten der Alpen sind solche Massen verdrängt worden. Sehr richtig sagt Born, daß die Heranziehung von Dichteveränderungen stets den Griff zum deus ex machina bedeuten. Dieses Hin- und Herwandernlassen magmatischer Massen in der Tiefe ist eine recht mißliche Sache. Viel richtiger erscheint mir die Annahme, daß die orogene Gesteinsmasse, die im orogenen Trog zusammengestaut in tiefere Rindenteile eingepreßt wird, im Laufe der Zeit mit dieser wieder zu einer homogenen Masse verschmilzt, d. h. aufgeschmolzen wird.

So wird dann die salische Masse wieder dünner, der isostatische Zustand wieder hergestellt.

Wenn eine Kettengebirgszone versenkt wird, so ändert sich auch der Schwerecharakter. Wir können das an den Beispielen San Franzisko, ungarische Ebene, Mittelländisches Meer sehen. Wenn das Kettengebirge ganz versenkt wird und die Randstämme oder Teile davon nur mehr als Inselzüge aufragen, so verlieren sie ihren negativen Schwerebau und werden positiv in $\Delta g''$ und Δg. Das zeigen z. B. die japanischen Inseln, die fast durchwegs positive

Werte zeigen. Das orogene Massendefizit geht also vollständig verloren.

Es gibt Inseln, in denen dieses Defizit noch schwach zum Ausdrucke gelangt. Das ist z. B. in Sizilien der Fall, wo im Westen das orogene Defizit des Apennin, des Atlas noch einmal durchschlägt, obwohl die übrigen Inseln des Mittelmeeres zum Teil sogar recht hohe positive Werte zeigen. Diese Inseln nähern sich somit schon sehr den sogenannten »ozeanischen Inseln«, die alle hohen Massenüberschuß aufweisen, der ja die Veranlassung war, zu glauben, die Ozeane seien Gebiete. großer Δg-Überschüsse.

So zeigt

Station	Höhe	Neue Methode	Bouguer-Methode	totale Schwerestör.
Jamestown, St. Helena. .	10 *m*	+0·058	+0·227	+0·228
Honolulu . .	6	+0·162	+0·206	+0·207
Mauna Kea, Hawai	3981	+0·183	+0·253	+0·645

Der $g_0 - \gamma_0$-Wert +0·645 ist wohl die größte bisher bekannte Schwerestörung. Diese besonders hohen Werte rühren wohl von der besonderen Lage und den dichten (basaltischen) Gesteinen her, die den Vulkan Mauna Kea und die Insel selbst aufbauen. Darum spricht man ja auch von diesen Eilanden inmitten des Ozeans als vulkanische Inseln und meint damit, daß sie ganz aus vulkanischem Material aufgebaut wären. Das kann man nicht nachweisen, doch sieht man in manchen Fällen, wie bei den australischen Inselkränzen vielfach kontinentales Material am Aufbaue solcher einsamer Eilande beteiligt ist.

Wir haben nun die typischen Schwereerscheinungen der jungen, ganz erhaltenen und deformierten Orogene kennengelernt und wollen einen Blick auf die alten Orogene werfen, die z. B. aus dem Paläozoikum erhalten sind. Da sieht man nirgends mehr den spezifischen Schwerebauplan der Orogene. Der Ural ist meist hoch positiv, die Appalachen meist negativ. Das französische Zentralplateau ist so wie das Pariser Becken negativ. Die deutschen Schollengebirge, die aus diesen alten paläozoischen Alpen in junger Zeit als Schollen- und Horstgebirge übrig sind, zeigen Schwereverhältnisse, die mit dem jungen Schollenbau zusammenhängen. Nur die böhmische Masse zeigt ein Defizit in $\Delta g''$, das mit dem variszischen Bau in Zusammenhang gebracht werden könnte. Dagegen spricht aber das gleichmäßige $\Delta g''$-Defizit, das die schwäbisch-fränkische Senke in gleicher Weise beherrscht wie die im Osten daran anschließende böhmische Masse. Das ganze, große Defizit dieser Vorlandzone der Alpen kann aber doch wieder nicht so recht aus dem Massendefekt der Alpen erklärt werden.

Einzelne der alten Horste haben positive $\Delta g''$-Werte, z. B. der Schwarzwald, der Harz, was wohl mit schwereren Intrusivgesteinen zusammenhängt. Der Rheingraben ist dagegen schwach negativ in seinen $\Delta g''$-Werten.

Wir wenden uns damit einem neuen, für den Aufbau der Erde bedeutungsvollen Bauplan zu. Das ist die »Grabenstruktur«, wie sie uns etwa in dem syrisch—afrikanischen Graben entgegentritt. Die ostafrikanische Grabenreihe, die zuerst von Höhnel, dann von E. Sueß in ihrer geologischen Bedeutung erfaßt worden ist, ist in Deutsch-Ostafrika insbesonders durch deutsche Forscher in letzter Zeit genau bekannt geworden.

Eine lange Grabenreihe setzt vom Roten Meere her über Stephanie- und Rudolfsee nach Süden. Dem legt sich im Westen, im Tanganjika-, im Nyassasee, ein paralleler Graben vor. Die Gräben sind breite, tiefe Einsenkungen, die von Kohlschütter auch gravimetrisch genau vermessen worden sind. Krenkel gibt in seiner Arbeit »Die Bruchzonen Ostafrikas« eine Karte der Schwerestörungen mit den $\Delta g''$- und Δg-Linien. Man kann der Karte entnehmen, daß das ganze Küstengebiet bis Sansibar und Daressalam positive $\Delta g''$- und Δg-Werte hat. Westlich davon sind die $\Delta g''$-Werte alle negativ und häufen sich die großen Massendefizite genau in den »Gräben« an, so daß die »Schweregräben« richtige Abbilder der tektonischen Gräben sind. Die östliche Grabenreihe reicht bei der Station Guasso Njiro bis zur $-0\cdot160$ $\Delta g''$-Linie. Der restliche Tanganjika—Njassagraben hat bei Langenburg mit $-0\cdot169$ $\Delta g''$ und mit $-0\cdot119$ Δg sein Maximum. Hier sind also beide Werte negativ, während auf den Plateaustationen bei negativem $\Delta g''$ doch auch positives Δg vorhanden ist, z. B. Matabu $-0\cdot119$ $\Delta g''$ und $+0\cdot058$ Δg. Diese große Schweredefizitreihe läßt sich in Ostafrika bis nach Johannesburg verfolgen, das $-0\cdot129$ $\Delta g''$ zeigt.

Die Schwereverhältnisse des afrikanischen Grabens zeigen einen Massendefekt, der größer ist als der der West-Alpen. Im afrikanischen Graben ist also noch mehr salische Masse verdrängt als gegenwärtig in den West-Alpen noch zu erkennen ist. Es ist hier also leichteres Material, ganz ähnlich wie im alpinen Trog, in die Tiefe gepreßt. Das spricht meines Erachtens deutlich für die Entstehung von Gräben. Wären diese, wie die Zerrungstheorie von E. Sueß annimmt und wie auch Krenkel glaubt, tatsächlich durch passives Absinken und Auseinandergehen der Grabenränder entstanden, dann könnte eher schwereres, magmatisches Material aufkommen. Wären die afrikanischen Gräben auseinandergehende Spalten im Sinne der Theorie von Wegener, dann müßte hier simatisches Material hochkommen. Dann wären positive Werte wahrscheinlich. Statt dessen sehen wir Verdrängung des schwereren Materiales, das doch nur bei Zusammenstau wahrscheinlich ist. Solchen Zusammenschub hat man beobachtet und K. Uhlig und andere (Martonne, Lapparent u. a.) glauben, die Gräben als

Scheitelbrüche einer großen Antiklinale auffassen zu sollen. Gregory sieht die vulkanischen Masseneruptionen entlang der Grabensenke als die Ursache der Grabenbildung an.

Die gravimetrischen Verhältnisse der ostafrikanischen Grabenreihe lassen meines Erachtens noch immer die Entstehung dieses eigenartigen Phänomenes durch kontraktive Zerrung als das Wahrscheinlichste erscheinen.

Ein ähnliches gravimetrisches Verhalten finden wir auch im rheinischen Graben. Nur sind die Defizite viel bescheidener. Auch hier bestätigen die neueren Anschauungen die hier vertretene Auffassung von der Entstehung dieser Brüche durch kontraktive Undation, bei der Zusammenschub eine wesentliche Rolle spielt.

Nun wollen wir noch kurz einen Blick auf einen Bauplan lenken, der beim Aufbau der Erde seit geologischer Zeit beherrschend hervortritt. Das sind die alten, erstarrten Tafeln, die gemäß der Natur ihres ruhigen Baues weitgehende Kompensation zeigen. Wir haben gesehen, wie das Innere Nordamerikas in den Vereinigten Staaten als alte Tafel fast kompensiert ist, nur ganz schwache $\Delta g''$-Werte aufzeigt. Wir sehen ähnliches auch auf der russischen Tafel, die im Südwesten gegen die Karpathen zu leichte $\Delta g''$-Defizite aufzeigt. Umgekehrt zeigt der mehr nördliche Teil von Petersburg bis in den Ural hin schwache positive $\Delta g''$-Werte. Auffällig ist ein schwaches Defizitgebiet im oberen Teil zwischen Dnjeper und Don, das übrigens bis Rjasan geht, wo $\Delta g''$ gleich ist —0·011.

Die übrigen Tafelländer sind noch nicht vermessen. Eine Ausnahme macht Vorderindien (mit schwachen $\Delta'' g$-Defiziten). Vom Baikalsee werden schwache Defizite ($\Delta g''$-Werte) gemeldet.

Wir haben nun die einzelnen Baupläne der Erde, wie sie uns in den Kontinenten entgegengetreten, kennengelernt und gesehen, daß eine enge Beziehung zwischen dem Alter und dem Ausmaß der Dislokation und der Schwere besteht. Großes Defizit findet sich in den jungen Orogenen, dann in den Gräben, also in ganz verschiedenen Bauplänen. Doch zeigt die Gleichartigkeit der Schwerephänomene auch auf gleiche Verhältnisse in der Tiefe, auf Verdrängung normalen Materiales durch leichteres. Wir glauben, daß in beiden Fällen ein Zusammenschub die Ursache dieser Erscheinungen ist. Selbst ältere Teile junger Kettengebirge zeigen nicht mehr das orogene Defizit. Daher sind ältere Faltengebirge und die alten Tafeln dem normalen Rindenzustande in (ziemlicher) isostatischer Kompensation angepaßt. Wenn der orogene Bauplan, wie er uns in den kontinentalen Massen entgegentritt, gestört wird, so geht das orogene Defizit des Kontinents meist vollständig verloren, die Schwere nimmt dann die Normen an, die für ozeanische Teile der Erde gelten. In allem aber kann man sagen, daß die Kontinente in ihren einzelnen Teilen isostatisch gelagert sind, daß ihren Massenüberschüssen der Oberfläche Defizite der Tiefe entsprechen. Ferner, daß die Kontinente dennoch ein ganz

leichtes Minus der $\Delta g''$-Werte im ganzen haben, also in der Tat mit den Ozeangebieten verglichen, Isostasie zeigen.

Wir wollen nun das Grenzgebiet von Land und Meer betrachten, das wieder, entsprechend der eigenartigen Lage, recht spezifische Schwerewerte zeigt.

O. E. Schiotz hat zuerst die Verhältnisse der Schwere der »Kontinentalrandstörung« behandelt. Das Wesen der Störung besteht darin, daß über dem Küstengebiet ein Massenüberschuß, im anliegenden Tiefseegebiet ein Massendefekt sich einstellt, während weiter von der Küste dann wieder die normalen Werte des Kontinents und des Ozeans herrschen. Helmert hat auf Grund von 51 Schwerestationen die positive Störung auf dem Küstenrand auf +0·036 Einheiten berechnet. Wahrscheinlich ist dabei die Tiefe des Meeresbodens von Einfluß. Solche Küstenstörungen finden sich auch an den Mittelmeeren, nicht aber in den Schelfgebieten, die zu den Kontinentalsockeln gehören. Die Küstenstationen sind meist positiv, sowohl an »pazifischen Küsten« wie in Japan, als auch am »atlantischen Küstentyp«. Doch finden sich auch negative Anomalien. Küsten im Bereiche von Orogenen zeigen —$\Delta g''$-Werte, so z. B. die dalmatinische Küste. So zeigt Triest —0·006 $\Delta g''$, —0·007 Δg. Die Insel Cherso hat —0·015 $\Delta g''$ und —0·017 Δg; Spalato hat —0·023 $\Delta g''$ und —0·024 Δg Negative und positive Werte erscheinen auch an der norwegischen Küste, während die australischen, die afrikanischen Küstenstationen fast ausnahmslos positiv sind. Die amerikanischen Küsten zeigen wechselnde Werte. So hat Key West (Atlantik) in 1 *m* Seehöhe +0·048 $\Delta g''$ und +0·048 Δg, während Virginia Beach nördlich davon in 4 *m* Höhe gelegen, —0·015 $\Delta g''$ und dementsprechend auch —0·015 Δg zeigt. Genauer sind die südamerikanischen Küsten- und Flachseegebiete von Hecker vermessen worden. Ein Wechsel von Minus- und Plus der Δg-Werte stellt sich ein. Ein auffallend großer Δg-Wert wird nach einer Messung von 1896 von Valdivia angegeben (—0·234 Δg).

Die Ozeangebiete der Erde sind in ihren Schwereverhältnissen durch die Reisen von Hecker bekanntgeworden. Hecker vermaß die Schwere des atlantischen Ozeans 1901 auf der Strecke von Hamburg bis nach Rio de Janeiro (und zurück), dann 1904 das Mittelländische, das Rote Meer, den Indischen und Pazifischen Ozean. Das allgemeine Ergebnis dieser Untersuchung — auch des Binnenmeeres, des Schwarzen Meeres — war, daß die Schwere auf den Ozeanen annähernd normal ist und der Helmert'schen Schwereformel von 1901 entspricht. Damit war der Nachweis geliefert, »daß die Pratt'sche Hypothese von der isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste. nunmehr als ein mit gewissen Einschränkungen allgemein gültiges Gesetz angesehen werden kann« (Hecker).

Wenn wir die einzelnen Ozeangebiete auf ihre Schwereverhältnisse überscheinen, so sehen wir, daß die Schweremessungen

auf dem arktischen Ozean meist negative Werte gaben. An Bord der Fram wurden 1893 bis 1896 über dem Eismeere meist negative Störungen, z. B. —0·107, —0·043 Δg u. a. gemessen, auf dem Eise waren von drei Messungen zwei positiv und nur eine negativ. So zeigt der arktische Ozean doch auch einen negativen Schwerecharakter, während der Indische Ozean nach den Messungen von Hecker durchaus positives Gepräge hat. Viel größeren Wechsel von negativen und positiven Werten zeigen die viel mannigfacher gestalteten Böden des Atlantischen und Pazifischen Ozeans. Da treten gerade im Atlantischen Ozean in der Nähe des atlantischen Rückens, in der Nähe der Gettysburg Bank hohe, positive Werte auf, die deutlich die Beeinflussung durch die aufragenden Untiefen zeigen, wie das E. Sueß auch schon betont hat. Ein ähnliches Bild der Beeinflussung der Messungen finden wir auch im Pazifischen Ozean längs des Hawairückens. Den Typus der Anomalien auf dem Pazifik zeigt das Schwereprofil von Honolulu nach San Franzisko mit seinen verschiedenen, um Null schwankenden Werten. Das bestätigt die Helmert'sche Formel. Wenngleich auch die Schweremessungen neben den Ozeanen noch recht wenige sind, wenngleich die alten Einwürfe von E. Sueß noch immer bestehen (daß nämlich die hohen positiven Werte über Untiefen nicht zur Beurteilung der Schwere über den Ozeanen herangezogen werden dürfen), so kann doch andrerseits kein Zweifel übrig sein, daß den Ozeanen nicht doch die normale Schwere[1] (annähernd) zukäme.

Dabei wird man aber nicht übersehen können, daß möglicherweise auch in den Ozeanböden der geologische Bau irgendwie zum Ausdruck kommen kann. Das Schwereprofil des Pazifischen Ozeans auf der Strecke von Honolulu nach San Franzisko gleicht etwa einem Schwereprofil durch die russische Tafel. Es wäre denkbar, daß wir von dieser ein ähnliches Schwereprofil erhielten, wenn wir sie tief versenken könnten. Das Schwereprofil, das von Neuseeland nach Honolulu gelegt ist, weist dagegen mehr auf orogenen Charakter. Der kommt auch in der Morphologie zum Vorschein. Negative Werte überwiegen also. Die Tongatiefe zeigt orogene Minuswerte, —0·237 Δg z. B. Wenn diese Werte auch durch die Küstenstörung verstärkt werden, so weist doch die Lage dieser Tiefe auf ihre Stellung als Vortiefe im Sinne von Sueß (Saumtiefe

---

[1] Die mittlere Schwerestörung der Ozeane beträgt nach Hecker annähernd +0·003 ±0·013 *cm*. Die mittlere Schwerestörung für den Atlantischen Ozean ist +0·017 *cm* ±0·020 *cm*. Im Indischen Ozean beträgt die Schwerestörung +0·031 *cm* ±0·044 *cm*, im Schwarzen Meere +0·006 *cm* ±0·014 *cm*. Man sieht daraus deutlich, daß die Schwerestörungen gering sind. Vielleicht werden diese Anomalien noch geringer oder nach der negativen Seite verschoben, wenn die vielen positiven Werte über unterirdischen Rücken oder in der Nähe davon außer Rechnung gestellt werden. Zukünftige Schweremessungen über den Ozeanen werden echte Ozeanböden aufsuchen müssen, z. B. den Südpazifik u. a., und den Inselzügen ausweichen. Auch sind die Messungen über den Ozeanen eigentlich noch recht spärlich.

bei Stille) hin. Von da an bis in die Nähe von Hawai sind von 13 Messungen Hecker's elf negativ. Also erscheint dieser Teil des Ozeans ausgesprochen negativ. Born meint, daß gerade hier gewisse Stationen für die Schweremessungen des Ozeans nicht in Rechnung kommen sollen, daß diese Zonen Faltengebirgszonen wären, also nicht eigentliche ozeanische Region.

Wie in mancher Ozeaninsel noch der tektonische Bau der Tiefe in orogenen Defizitwerten zum Ausdruck kommt, so scheint auch auf den ozeanischen Böden in gewissen Fällen ein orogenes Defizit erkennbar zu sein. Das mahnt jedenfalls zur Vorsicht und sollte vor allem hindern, die Ozeanböden als eine Einheit aufzufassen. Sie sind in ihren Teilen meines Erachtens nach ebensowenig eine Einheit wie es die kontinentalen Massen sind.

Dafür sprechen neben den morphologischen Verhältnissen auch die Schweremessungen und sie können als Beweis für die Anschauung dienen, daß die Ozeanböden von den Kontinentalmassen spezifisch nicht verschiedene Gesteinsmassen sind.

Wieder war es E. Sueß, der vor diesen Argumentationen gewarnt hat. Sueß wies darauf hin, daß die große Schwere der ozeanischen Inseln durch die vulkanischen Gesteine zu erklären sei, da große, basaltische Decken sich auf dem Boden der Ozeane ergießen, daß lokale tektonische Erscheinungen größere Schwere im Bereiche der Ozeane bewirken könnten (submarine Erhebungen).

Man führt als Beweis für die andere Gestaltung der Ozeanböden ihr magnetisches, ihr seismisches Verhalten an. Nach E. Tams ist die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen unter den Ozeanen um 0·1 *km*/sec größer als unter den Kontinenten, eine minimale Differenz, so daß gerade noch ein Unterschied als »reell« anerkannt werden kann.

Der Indische Ozean ist nach Auffassung vieler Geologen aus dem Niederbruche des alten Gondwanalandes hervorgegangen. Der Atlantische Ozean birgt vielleicht in seinem Schoße ein versenktes, alpines Orogen. Der mittelpazifische Ozeanboden zeigt alpine Züge, der nord- und südpazifische dagegen mehr kratogene.

Tatsächlich werden von Geologen, z. B. von E. Haug, Burckhardt u. a. für diese Gebiete für gewisse ältere geologische Zeiten kontinentale Massen angenommen.

Ich will damit sagen, daß geologisch-tektonische, seismische, gravimetrische Verhältnisse dafür sprechen, daß die Ozeanböden genetisch mit den kontinentalen Massen verwandt sind, daß man keine sicheren Beweise für die Anschauung hat, daß die Ozeanböden etwas anderes seien als die Kontinente.

Das ist sehr wichtig für die Frage der Isostasie. Anhänger der Permanenz der Ozeane, der Isostasie sagen, daß diese heutige Gliederung der Erdoberfläche eine alte sei. Die Grundursache läge

in der Wesensverschiedenheit der Ozeane und der Kontinente. Wegener sagt, die Gebirgsbildung vollziehe sich unter Wahrung der Isostasie.

Demgegenüber (glaube ich) zeigen alle Verhältnisse, die wir zurzeit von der Erde kennen, daß die Isostasie nicht diese große, die Erdgeschichte beherrschende Rolle spielt. Isostasie ist heute auf der Erde weithin zu erkennen.[1] Die Erdrinde wird jederzeit trachten, isostatisch gelagert zu sein. Aber die Isostasie ist nicht die gleiche. Eine Konstanz der (gleichen) Isostasie — wenn man so sagen darf — widerspricht den geologischen Erfahrungen. Die Orogenbildung, die Niederbrüche der Kontinente werden sich aller Wahrscheinlichkeit nach nicht unter Wahrung der Isostasie vollziehen. Die Erdrinde wird in solchen Zeiten stark in ihrem Gleichgewichtszustande gestört. Die Teile erhalten damit auch andere gravimetrische Werte. Ebenso sicher ist, daß gewisse Zonen der Erde, wie die alten Tafeln, eine alte isostatische Lagerung (im allgemeinen) zeigen.

Einige Literatur.

F. Kossmat, Die mediterranen Kettengebirge, Abh. math.-phys. Klasse, sächsische Akad. Wiss., Nr. 2, Leipzig 1921.

A. Born, Isostasie und Schweremessung, Berlin 1923. In diesen beiden Arbeiten ist die hauptsächlichste Literatur dieses Gegenstandes zitiert, also die Arbeiten von Sterneck, Helmert, Hecker, Borass, von Hayford und Bowie. Über dieses Thema handeln ferner Arbeiten von Listing (Definition von Geoid), Fischer, Buchwaldt, Messerschmidt, Niethammer, A. Heim, Orff, Becker, Kühnen, Furtwängler, Loesch, Bruns, Haasemann, Krüger, Haid, Schumann, Hammer, Koch u. a. Aus der indisch-englischen und amerikanischen wären die Arbeiten von Oldham, Hayden, von Barrell, Washington, von Willis u. a. zu erwähnen.

L. Kober, Bau der Erde, Bornträger, Berlin 1921. Dann in: Lehrbuch der Geologie, Wien 1923. Ferner in: Geologische Deutung der Schweremessung im Wiener Becken, Österr. Monatsschrift f. öff. Baudienst etc., Jahrg. 1923, p. 32, Wien, und in: Gestaltungsgeschichte der Erde. Sammlung Bornträger, Bd. 7, Berlin 1925.

[1] Nach R. Schumann sind kompensiert: summarisch Kontinente und Ozeane, im einzelnen die hohe See, afrikanische und südamerikanische Küsten, der Atlantik, große Gebirge (Alpen, tibetanisches Plateau) Gausberg-Umgebung, Rotes Meer.

Nicht kompensiert erscheinen: kleine Gebirge (Harz), einzelne Berge und Inseln, pazifische Küsten, Viktorialand, Ostküste von Afrika, ostafrikanische Gräben, Indien, Umgebung von St. Paul (Atlantis), Schwarzes Meer, Mittelländisches Meer in der Umgebung der zwölf von Hecker auf See gemessenen Stationen. (Österr. Monatsschrift öff. Baud. etc., Jahrg. 1923, Heft 8.)